

УДК 681.327.11

В. П. Майданюк, Х. Ш. Мазін, С. В. Мельник

## КОДУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ SOFM

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

### Вступ

Підвищення коефіцієнта ущільнення зображень при збереженні високої якості є пріоритетним напрямком досліджень, які виконуються в цій галузі. Одним із підходів, який забезпечує вирішення цих задач є застосування штучних нейронних мереж.

В науковій літературі розглядаються різні підходи до застосування нейронних мереж при ущільненні зображень [1-3], однак на особливу увагу заслуговують підходи, які ґрунтуються на принципах векторного квантування зображень, оскільки це забезпечує високий коефіцієнт ущільнення при збереженні високої якості відновленого зображення. Ідея векторного квантування дуже проста. Зображення розбивається на квадратні блоки, наприклад 2x2, 4x4 або 8x8. Кожний блок розглядається як вектор в 4-вимірному, 16-вимірному або 64-вимірному просторі. Із цього простору вибирається обмежена кількість векторів, які утворюють кодову книгу, але так, щоб з найбільшою точністю апроксимувати вектори, які вилучаються з вхідного зображення. В канал зв'язку або файл записуються номери векторів з кодової книги, які мають найменшу відстань від векторів, що вилучаються з початкового зображення і сама кодова книга. Оскільки векторів в кодовій книзі значно менше загальної кількості векторів в початковому зображенні, то для представлення номера вектора витрачається менше біт ніж для початкового вектора. За рахунок цього і досягається ущільнення.

Ідеальними для вирішення цих задач є самоорганізуючі нейронні мережі, запропоновані фінським ученим Т. Кохоненом, а саме, самоорганізуючі мережі у вигляді двовимірної карти Кохонена. Карта Кохонена має дві важливі властивості, які використовуються при ущільненні зображень методами векторного квантування. По-перше, вона дуже подібна на інші методи векторного квантування, які застосовують при ущільненні зображень з втратами, а по-друге близьким кластерам вхідних векторів відповідають близько розташовані нейрони, що збільшує ефективність ущільнення без втрат, яке застосовується на останньому етапі ущільнення [3].

Метою даної роботи є розробка та дослідження алгоритмів ущільнення зображень з застосуванням двовимірних карт Кохонена.

### Схема ущільнення зображень

Схема ущільнення зображень з використанням карти Кохонена зображена на рис. 1. Після векторизації (перетворення блоків зображення в вектори), виконується векторне квантування з застосуванням карти Кохонена. Вихідні дані векторного квантувача надходять на арифметичний кодер, який виконує кодування зображення без втрат. Декодування виконується в зворотному порядку.

В вихідний файл крім квантованих значень вхідних векторів записується і кодова книга. Але її розмір незначний в порівнянні з вхідним зображенням і це не впливає на коефіцієнт ущільнення. Векторний квантувач це карта Кохонена з розміром 8x8, 16x16 або більшим. Вибір розміру карти Кохонена пояснюється тим, що зображення представляється з точністю 8 бітів на елемент зображення для напівтонових зображень, або 24 біти для кольорового зображення.

Застосування арифметичного кодера на етапі ущільнення без втрат забезпечує найбільший коефіцієнт ущільнення в порівнянні з іншими методами кодування без втрат [5].

Ущільнення включає за два проходи. Під час першого проходу виконується навчання нейронної мережі, а під час другого векторне квантування і ущільнення.

### Карта ознак Кохонена

Самоорганізована карта ознак Кохонена (Self-Organizing Feature Map – SOFM) має набір вхідних елементів, кількість яких відповідає розмірності вхідних векторів і набір вихідних елементів, які служать в якості прототипів. Базова архітектура мережі SOFM зображена на рис.2.

Вихідні елементи називаються кластерними елементами. Кластерні елементи або кодові слова розміщуються у вигляді одно- або двовимірного масиву. Звичайно кількість кластерних елементів значно менша в порівнянні з кількістю навчальних зразків, оскільки метою є отримання спрощеної характеристики вхідних даних. Це і дає можливість використання SOFM як векторного квантувача. Після

навчання ця мережа може апроксимувати вектори вхідного простору найкращим способом.

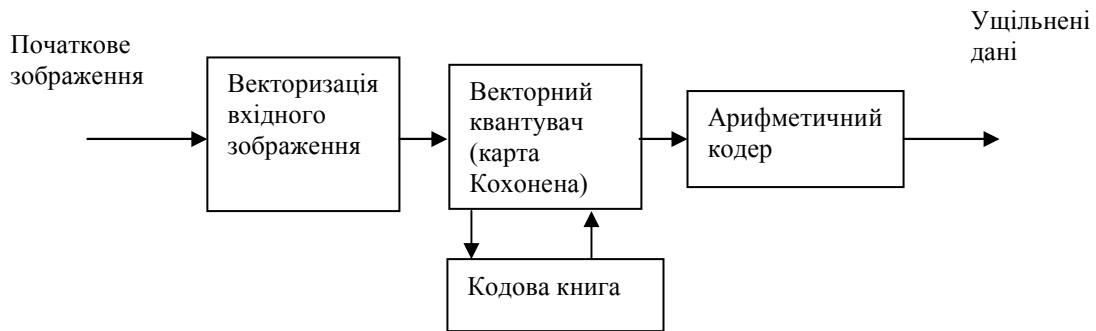


Рис. 1. Загальна схема кодування (кодер)

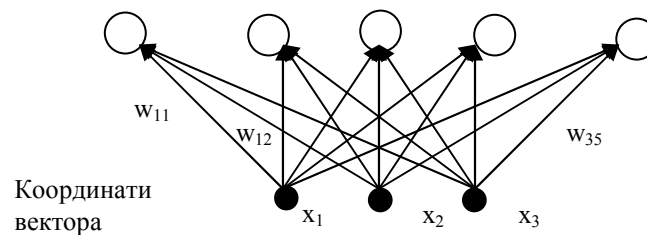


Рис. 2. - Базова архітектура мережі SOFM

Кожний нейрон представляється ваговими коефіцієнтами  $w_{ij}$ . Алгоритм навчання мережі такий:

1. Ініціалізувати вагові коефіцієнти випадковими значеннями.
2. Для кожного кластерного елемента обчислити відстань до навчального вектора:

$$d_j = \sum_i (w_{ij} - x_i)^2,$$

3. Знайти кластерний елемент  $j$  для якого  $d_j$  мінімальне.
4. Для кластерних елементів із круга заданого радіуса з центром в  $j$  елементі оновити вагові коефіцієнти згідно з формулою:

$$w_{ij}(n+1) = w_{ij}(n) + \eta(n)[x_i - w_{ij}(n)],$$

де  $\eta$  - норма навчання,  $x_i$  - координата навчального вектора.

5. Оновити норму навчання  $\eta$  і радіус за необхідності, і повторити пункти 1-5 для наступного навчального вектора.

Норма навчання з часом змінюється. Вона може, наприклад, мати значення 0,9, а потім змінюватись лінійно до деякого фіксованого значення, наприклад 0,01, після чого залишатись незмінною. Радіус також спочатку вибирається достатньо великим, щоб оновлювалися всі елементи. З часом радіус зменшується і в кінці повинен оновлюватись тільки сам елемент-переможець.

### Арифметичне кодування

Основні принципи арифметичного кодування були розроблені наприкінці 70-х років. Арифметичне кодування, так само як і імовірнісні методи, використовує як основу технології ущільнення імовірність появи символу в файлі, однак сам процес арифметичного кодування має принципові відмінності. У результаті арифметичного кодування символна послідовність (рядок) замінюється дійсним числом більшим нуля і меншим одиниці [5].

Процес арифметичного кодування повідомлення полягає в тому, що кожному символу присвоюється інтервал імовірності (range), довжина якого розраховується, виходячи з імовірності його появи в повідомленні.

Перша буква слова одержує інтервал з нижньою межею  $\beta_0^l$  і з верхньою -  $\beta_0^h$ . Нижня межа інтервалу і стає першою значущою цифрою коду. Потім виконується розрахунок границь підінтервалів для кожної наступної букви за такими виразами:

$$\beta_n^l = \beta_{n-1}^l + (\beta_{n-1}^h - \beta_{n-1}^l)P_n^l$$

$$\beta_n^h = \beta_{n-1}^h + (\beta_{n-1}^l - \beta_{n-1}^h)P_n^h,$$

де  $\beta^l, \beta^h$  – нижня і верхня межі кодового інтервалу,  $P^l$  і  $P^h$  – нижня і верхня межі інтервалу імовірності для символу.

Арифметичне кодування дозволяє забезпечити високий ступінь ущільнення даних, особливо у випадках, коли зустрічаються дані, де частота виникнення різних символів дуже відрізняється одна від одної. У той же час сама процедура арифметичного кодування вимагає потужних обчислювальних ресурсів, і донедавна цей метод мало застосовувався при кодуванні зображень через повільну роботу алгоритму і, відповідно, істотний час затримки при передачі даних. Однак, враховуючи значне зростання швидкодії апаратних засобів, варто очікувати високих коефіцієнтів ущільнення при його застосуванні для кодування зображень.

### Моделювання і результати

При проведенні експериментальних досліджень використовувався комп'ютер з процесором Celeron 700. Вхідне зображення представлено у форматі \*.BMP, 24-розряди. Якість відновленого зображення оцінювалась методом експертних оцінок відповідно до 654 рекомендації МККР за такою шкалою:

Якість	Погіршення
Відмінна	Непомітно
Добра	Помітно, але не заважає
Задовільна	Трохи заважає
Погана	Заважає
Дуже погана	Дуже заважає

А також виконувався розрахунок середньоквадратичного відхилення (СКВ) за виразом

$$\sigma = \frac{1}{M * N} \sqrt{(X(m_1, m_2) - \bar{X}(m_1, m_2))^2},$$

де  $X(m_1, m_2)$  – значення відліку початкового зображення, а  $\bar{X}(m_1, m_2)$  – значення відліку відновленого зображення.

Проводились порівняльні дослідження залежності коефіцієнта ущільнення та якості відновленого зображення від характеристик карти Кохонена, а саме:

- залежність коефіцієнта ущільнення від розміру карти (об'єму кодової книги);
- залежність середньоквадратичного відхилення від розміру карти.

Результати роботи алгоритму для файлу LENA.BMP при 4-вимірних вхідних векторах і розмірах карти від 8x8 до 16x16 подані в табл. 1, а також на рис. 3-4

Аналіз наведених результатів показує, що векторне квантування забезпечує достатньо високі характеристики. Цілий ряд експериментів з різними типами зображень показав, що коефіцієнти ущільнення можуть знаходитися в межах 10 – 30. Для деяких зображень коефіцієнт ущільнення перевершує стандарт JPEG при тій же якості зображення.

Таблиця 1

Експериментальні дані по файлу LENA.BMP

Метод ущільнення	Розмір початкового файла, байт	Розмір стиснутого файла, байт	Коефіцієнт ущільнення	Середньо-квадратична помилка	Візуальна оцінка якості
JPEG	192 054	13106	14,7	0,019	Відмінна
Карта Кохонена (16x16)	192054	11740	16,4	0,02	Відмінна
Карта Кохонена (14x14)	192 054	10979	17,5	0,023	Добра
Карта Кохонена (11x11)	192054	9245	20,8	0,026	Добра
Карта Кохонена (8x8)	192054	6954	27,6	0,03	Задовільна



Рис. 3. Зображення після кодування  
(карта Кохонена – 16x16)

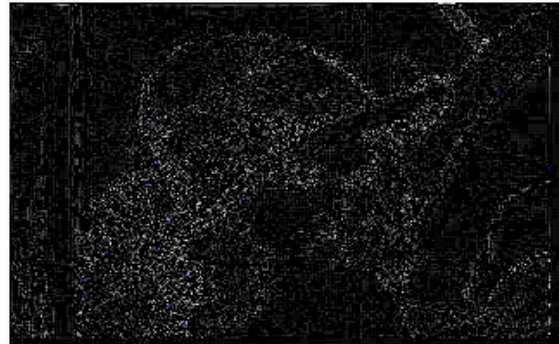


Рис. 4. Різницеве зображення підсилене  
в 10 разів

### Висновки

1. Проведені дослідження показали, що застосування карти Кохонена є перспективним для виконання ущільнення методами векторного квантування.
2. При векторному квантуванні з використанням карт Кохонена середньо-квадратичне відхилення не в повній мірі відповідає візуальній оцінці якості зображення, для близьких значень відхилення візуальна оцінка якості відновленого зображення різна, хоча в цілому тенденція зберігається – чим менше відхилення тим вища візуальна якість відновленого зображення.
3. Напрямок подальших досліджень пов'язаний з застосування карт Кохонена в комбінації з смуговими методами і двовимірними ортогональними перетвореннями.

### Список літератури

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн.2. – 480 с.
2. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
3. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 286 с.
4. Бабак В. П., Ханецький В.С., Шрюфер Е.. Обробка сигналів – К: Либідь, 1996.–392 с.
5. Майданюк В. П. Методи і засоби комп'ютерних інформаційних технологій. Кодування зображень. Вінниця: ВДГУ, 2001. – 63 с.

**Майданюк Володимир Павлович**, к.т.н., доцент, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, т. 44-04-83, E-Mail-[maydan2000@mail.ru](mailto:maydan2000@mail.ru).

**Мазін Хіллес Шаді**, аспірант кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

**Мельник Сергій Володимирович**, студент 5-го курсу, ФКІ, гр. ІПЗ-00, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел.: (0432) 43-78-80